



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑦① Aktenzeichen: 101 13 026.0
⑦② Anmeldetag: 17. 3. 2001
⑦③ Offenlegungstag: 2. 10. 2002

⑦① Anmelder:
ThyssenKrupp Stahl AG, 47166 Duisburg, DE

⑦④ Vertreter:
COHAUSZ & FLORACK, 40472 Düsseldorf

⑦② Erfinder:
Au, Andreas, Dipl.-Ing., 47179 Duisburg, DE;
Hülstrung, Joachim, Dipl.-Ing., 40625 Düsseldorf,
DE; Müller, Reinhard, Dipl.-Ing., 46562 Voerde, DE;
Zeimes, Manfred, 40723 Hilden, DE

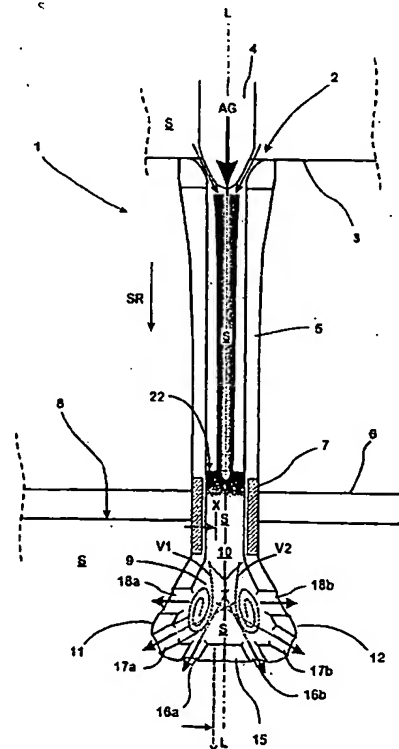
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
US 39 95 682
US 37 03 924

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Tauchrohr für das Vergießen von flüssiger Metallschmelze, insbesondere von Stahlschmelze

⑤⑦ Die vorliegende Erfindung betrifft ein Tauchrohr für das Vergießen von flüssiger Metallschmelze, insbesondere von Stahlschmelze (S), in einer Kokille (6) mit einem eine Einfüllöffnung (2) für die Metallschmelze aufweisenden Rohrabschnitt (5) und mit einer eine Abströmöffnung (16a-18b) für die Schmelze aufweisenden Verwirbelungskammer (9), die an das der Kokille (6) zugeordnete Ende des Rohrabschnitts (5) angeschlossen ist und sich, ausgehend von dem Rohrabschnitt (5), über ihre Höhe (Hg) mindestens in ihrer Breite (B) trichterförmig aufweitet, wobei am Übergang vom Rohrabschnitt (5) zur Verwirbelungskammer (9) eine Abrißkante ausgebildet ist, an der es bei im Tauchrohr (1) strömender Schmelze (S) zur Ablösung des Schmelzestroms von den an die Abrißkante grenzenden Innenwänden des Tauchrohrs (1) kommt. Das erfindungsgemäße Tauchrohr ermöglicht es, Metallschmelze bei weiter verminderter Gefahr von Störungen optimiert zu vergießen.



[0001] Die Erfindung betrifft ein Tauchrohr für das Vergießen von flüssiger Metallschmelze, insbesondere von Stahlschmelze, in einer Kokille.

5 [0002] Beim Stranggießen von Stahl wird die flüssige Stahlschmelze zunächst in ein Zwischengefäß gegeben, aus dem es bei einsträngigen Gießmaschinen über ein einziges oder bei mehrsträngigen Maschinen über mehrere Tauchrohre in die eine Kokille oder mehrere Kokillen geleitet wird. Die Aufgabe der Tauchrohre besteht dabei darin, die Stahlschmelze gegenüber dem Luftsauerstoff abzuschirmen, der andernfalls zu einer Oxidation der Schmelze und damit zu Qualitätseinbußen führen würde. Auf dem Weg vom Verteiler in die Kokille passiert der flüssige Stahl einen trichterförmig aus-
10 gestalteten Einlaufbereich des Tauchrohres, in welchen zur Regelung des Schmelzenstromes ein Stopfen gesenkt werden kann. Die Geometrie dieses Stopfens und des Einlauftrichters sind dabei so gestaltet, daß der am Boden des Zwischengefäßes herrschende hydrostatische Druck möglichst verlustfrei in Strömungsgeschwindigkeit umgesetzt wird.

[0003] Bei Untersuchungen an bekannten Tauchrohren ist festgestellt worden, daß im weiteren Verlauf des Tauchrohres diese Geschwindigkeit nicht mehr vollständig in statischen Druck umgesetzt wird, so daß von einem Unterdruck im
15 Tauchrohr ausgegangen werden muß. Der Umfang dieses Unterdrucks wird dabei maßgeblich vom Füllgrad des Tauchrohres und vom Strömungswiderstand beim Durchströmen des Tauchrohres bestimmt, welcher wiederum wesentlich von der Porosität der Feuerfestauskleidung und der Führung des Schmelzenstroms im Tauchrohr beeinflusst wird.

[0004] Neben der Abschirmung gegen Umgebungssauerstoff werden Tauchrohre dazu genutzt, nicht-stahlspezifische Begleitelemente wie Argonblasen, welche über den Stopfen eingebracht werden, nicht zu tief in die in die mit Schmelze
20 gefüllte Kokille eindringen zu lassen. Diese Begleitelemente müssen bis zum sogenannten "Meniskus" aufsteigen können, d. h. bis zu der sich nahe dem Eintauchbereich des Tauchrohres an der Schmelzenoberfläche in der Kokille bildenden Aufwulung, um dort von der Gießschlacke aufgenommen werden zu können.

[0005] Tauchrohre sind in großer Zahl und in vielfältigen Ausgestaltungen bekannt (DE 197 38 385 A1, EP 0 784 523 B1, EP 0 685 282 B1, WO 95/29025, EP 0 852 166 A2, DE 197 06 151 C2, EP 0 321 206 B1) Gemein-
25 sam ist diesen bekannten Tauchrohren das Bestreben, den aus ihnen austretenden Schmelzenstrom so in die Kokille einzuleiten, daß einerseits ein guter Füllgrad der Kokille bei ebenso guter Durchmischung von neu in die Kokille geleiteter Schmelze mit darin schon vorhandener sichergestellt ist und andererseits vermieden wird, daß unerwünschte Begleitelemente, wie aus dem Zwischengefäß in die Schmelze eingezogene Schlackenbildner, so tief in die Kokille gelangen, daß sie nicht mehr zur Oberfläche der Schmelze aufsteigen können.

30 [0006] Um dies zu erreichen, werden gemäß einem in der EP 0 321 206 B1 beschriebenen Stand der Technik Tauchrohre eingesetzt, die aus einem im wesentlichen zylindrisch ausgebildeten Rohr bestehen, an dessen Ende ein kalottenförmig ausgewölbttes Endstück befestigt ist. Dieses Endstück ist mit mehreren Abströmöffnungen versehen, deren Längsachsen gemeinsam mit der Längsachse des Rohres in einer gemeinsamen Ebene liegen. Dabei sind die jeweils zu-
35 oberst angeordneten Abströmöffnungen so ausgerichtet, daß der aus ihnen austretende Schmelzenstrahl das Tauchrohr im wesentlichen in horizontaler Richtung verläßt. Problematisch ist bei dieser Anordnung der Düsen, daß aus den zu-
oberst angeordneten Abströmöffnungen des Tauchrohrs strömungsbedingt in der Praxis weniger Schmelze austritt als aus den in Strömungsrichtung unten angeordneten Öffnungen.

[0007] Zur Vermeidung dieses Problems wird in der EP 0 321 206 B1 vorgeschlagen, am Ende des Tauchrohrs eine Verteilkammer auszubilden, in der durch verschiedene bauliche Maßnahmen die dem Schmelzenstrom eigene Strömungsenergie gemindert wird. Dabei kann es sich beispielsweise um verschiedene Formen der Öffnungsquerschnitte, Abstufungen in den Verteilkammern, in Kombination mit unter verschiedenen Winkeln ausgerichteten Abströmöffnungen handeln. Durch diese Maßnahmen läßt sich zwar eine gleichmäßige Aufteilung des durch das Tauchrohr strömenden Schmelzenstroms auf die verschiedenen Abströmöffnungen erreichen. In der Praxis zeigt sich jedoch, daß es nach wie
45 vor zum Einmischen von unerwünschten Begleitelementen in die Schmelze kommt, die über das Tauchrohr tief in die schon in der Kokille befindliche Schmelze gebracht werden.

[0008] Die Ergebnisse einer anderen Untersuchung zu den beim Einströmen der Schmelze in eine Kokille auftretenden Phänomenen sind in der DE 197 06 151 C2 erläutert. Demnach läßt sich ein optimales Ausströmverhalten der Schmelze dadurch erreichen, daß die jeweilige Ausströmgeschwindigkeit durch eine Veränderung der Größe der Austrittsöffnung des Tauchrohres in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern geregelt wird. Zu diesem Zweck läßt sich bei dem aus
50 der DE 197 06 151 C2 bekannten, nach unten offenen Tauchrohr ein Endstück auf einen unterhalb der Tauchrohröffnung angeordneten Strömungsteiler zu bzw. von diesem weg verstellen. Auf diese Weise kann die Größe der seitlichen, zwischen dem Strömungsteiler und dem Endstück vorhandenen Ringöffnung verkleinert oder vergrößert werden.

[0009] Bei dem aus der EP 0 685 282 B1 bekannten Tauchrohr strömt die Schmelze von der Einfüllöffnung über einen kurzen, eine im wesentlichen konstante Querschnittsfläche aufweisenden Rohrabschnitt in eine sich in Breitenrichtung trichterförmig erweiternde Kammer, an deren unteren Ende die Abströmöffnungen angeordnet sind. Gleichzeitig läuft
55 die Kammer in ihrer Tiefe in Richtung des Tauchrohrendes spitz zu. In der Kammer sind dabei Strömungsleitkörper positioniert, welche die Ausbildung von gestörten, radial ausgerichteten Strömungsformen behindern sollen. Durch diese Ausgestaltung der Verteilkammer sowie die spezielle Anordnung der Austrittsdüsen und der Strömungsteiler soll eine überwiegend tangential zur Gießrichtung ausgerichtete Strömung innerhalb des Tauchgießrohres erzeugt werden, so daß
60 im Ergebnis ungleichförmige Wellenbildungen und Verwirbelungen in der Kokille verursachende Strömungserscheinungen vermieden werden.

[0010] Nachteilig an den bekannten Maßnahmen zur Vermeidung der beim Einströmen von Stahlschmelze in eine Kokille in der Praxis auftretenden Problemen ist, daß sie jeweils einen erheblichen baulichen Aufwand erfordern und jeweils nur Teilaspekte der sich stellenden Probleme lösen.

65 [0011] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ausgehend vom voranstehend erläuterten Stand der Technik mit einfachen Mitteln ein Tauchrohr zu schaffen, mit dem sich Metallschmelze bei weiter verminderter Gefahr von Störungen optimiert vergießen läßt.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Tauchrohr für das Vergießen von flüssiger Metallschmelze, insbesondere von

Stahlschmelze, in einer Kokille gelöst, welches mit einem eine Einfüllöffnung für die Metallschmelze aufweisenden Rohrabschnitt und mit einer eine Abströmöffnung für die Schmelze aufweisenden Verwirbelungskammer ausgestattet ist, die an das der Kokille zugeordnete Ende des Rohrabschnitts angeschlossen ist und sich ausgehend von dem Rohrabschnitt über ihre Höhe mindestens in ihrer Breite trichterförmig aufweitet, wobei am Übergang vom Rohrabschnitt zur Verwirbelungskammer eine Abrißkante ausgebildet ist, an der es bei im Tauchrohr strömender Schmelze zur Ablösung des Schmelzestroms von den an die Abrißkante grenzenden Innenwänden des Tauchrohrs kommt.

[0013] Bei einem erfindungsgemäßen Tauchrohr ist am Ende des Rohrabschnitts eine glockenförmig sich aufweitende Kammer ausgebildet, die bis auf die jeweils vorgesehenen Abströmöffnungen geschlossen ist. Dabei ist der Übergang vom Rohrabschnitt in den trichterartig aufgeweiteten Abschnitt des Tauchrohrs so gestaltet, daß es dort zur Strömungsablösung kommt. Diese Strömungsablösung hat zur Folge, daß sich in der Verwirbelungskammer Strömungswirbel ausbilden, die den Energieverlust der Strömung in diesem Bereich beträchtlich erhöhen und so zu einem Strömungsstau führen. Die aufgrund dieses Staus hervorgerufene Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit bewirkt eine Erhöhung des Füllgrades des Tauchrohres. Im Ergebnis ist damit die Höhe vermindert, über die aus dem Zwischengefäß neu einströmende Schmelze in das Tauchrohr fällt, und der Abstand zwischen dem Auftreffpunkt, an dem die neu in das Tauchrohr strömende Schmelze auf die schon im Tauchrohr vorhandene Schmelze trifft, weit oberhalb der Abströmöffnung angeordnet.

[0014] Auf diese Weise erreicht ein beruhigter, konstant fließender Schmelzenstrom die jeweils vorgesehenen Abströmöffnungen der Verwirbelungskammer und wird von dort in einem gleichförmigen Vorgang in der Kokille verteilt. So wird einerseits eine Fluktuation des aus dem Tauchrohr austretenden Schmelzenstroms verhindert. Zusätzlich verhindert die in Folge der erfindungsgemäß erzielten Abbremsung erreichte hohe Füllhöhe des Tauchrohrs, daß es zu einer intensiven feinerartigen Vermischung des flüssigen Stahls mit Argonblasen kommt, die sich nur schwer abscheiden lassen.

[0015] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß bei einem erfindungsgemäß ausgestalteten Tauchrohr kein Unterdruck entsteht. Auf diese Weise wird verhindert, daß Verunreinigungen entstehen, die tief in die Schmelze eingezogen und mit ihr vermischt werden. Ebenso wird verhindert, daß Sauerstoff aus der Umgebung über die Poren der Ausmauerung infolge des Unterdrucks in das Tauchrohr und die darin befindliche Schmelze gezogen wird.

[0016] Eine zweckentsprechende Gestaltung eines erfindungsgemäßen Tauchrohres läßt sich zielgerichtet dadurch erreichen, daß der an der Abrißkante zwischen der gedachten Verlängerung der Innenwand des Rohrabschnitts und der Innenwand der Verwirbelungskammer eingeschlossene Winkel α die Bedingung

$$\alpha > \frac{150}{\sqrt[4]{Re}}$$

erfüllt, wobei mit "Re" die Reynoldszahl bezeichnet ist, die aus einer Strömungsgeschwindigkeit bei gefülltem Tauchrohrquerschnitt ermittelt wird.

[0017] Eine weitere besonders vorteilhafte Variante der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Verwirbelungskammer symmetrisch zur Längsachse des Rohrabschnitts ausgebildet ist. Bei einer symmetrischen Ausbildung der Verwirbelungskammer entstehen im Bereich des Übergangs vom Rohrabschnitt in die Verwirbelungskammer zwei ebenso symmetrisch ausgebildete Verwirbelungen, welche zu einem besonders großen Energieverlust führen und so die Schmelzenströmung besonders wirkungsvoll abbremsen.

[0018] Bei einem erfindungsgemäß ausgebildeten Tauchrohr wird die Verwirbelungskammer bedingt durch die Bauform der Kokillen, bei denen das Tauchrohr eingesetzt wird, vorzugsweise nur in Breitenrichtung gegenüber dem Querschnitt des Rohrabschnitts trichterförmig aufgeweitet werden. Läßt der in der Kokille vorhandene Raum dies jedoch zu, so kann es zur weiteren Verbesserung der erfindungsgemäß erzielten Effekte vorteilhaft sein, wenn sich die Verwirbelungskammer sowohl in ihrer Breite als auch in ihrer Tiefe trichterförmig aufweitet.

[0019] Im Hinblick auf die erfindungsgemäß angestrebte Verwirbelung der Schmelze in der Verwirbelungskammer ist es darüber hinaus zweckmäßig, die Verwirbelungskammer mit einem im wesentlichen normal zur Längsachse des Rohrabschnitts ausgerichteten Boden zu versehen. Ebenso sollten Abströmöffnungen paarweise in diejenigen schräg nach außen verlaufenden Seiten der Verwirbelungskammer eingeformt sein, welche die Breite der Verwirbelungskammer begrenzen. Zusätzlich sollte für eine gleichförmige Einleitung der Schmelze in die Kokille mindestens eine Abströmöffnung in den Boden der Verwirbelungskammer eingeformt sein.

[0020] Sind mehrere ggf. paarweise in die Seiten und den Boden der Verwirbelungskammer eingeformte Abströmöffnungen vorhanden, so lassen sich optimierte Strömungsbedingungen beim Austritt der Schmelze aus der Verwirbelungskammer in die Kokille dadurch erreichen, daß bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen der Abströmöffnungen und des Rohrabschnitts derjenige zwischen der Längsachse einer ersten Abströmöffnung und der Längsachse des Rohrabschnitts eingeschlossene Abströmwinkel im Bereich von 0° bis 40° liegt. Vorzugsweise liegt zudem bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen der Abströmöffnungen und des Rohrabschnitts der zwischen der Längsachse einer anderen Abströmöffnung und der Längsachse des Rohrabschnitts eingeschlossene Abströmwinkel im Bereich von 20° bis 60°. Der Optimierung der Einleitung der Schmelze in die Kokille zuträglich ist es darüber hinaus, wenn bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen der Abströmöffnungen und des Rohrabschnitts folgende Bedingung erfüllt ist:

$$0,8 \leq \frac{E}{F} \leq 1,5$$

wobei mit "E" der Abstand des Schnittpunktes der Längsachse der ersten Abströmöffnung mit der Längsachse des Rohrabschnitts zu dem Punkt, an dem die Längsachse den Boden der Verwirbelungskammer durchstößt und mit "F" der Abstand des Schnittpunktes der Längsachse der anderen Abströmöffnung mit der Längsachse des Rohrabschnitts zu dem Punkt, an dem die Längsachse den Boden der Verwirbelungskammer durchstößt, bezeichnet ist. Sind oberhalb der "an-

deren Abströmbohrungen" zusätzliche Abströmbohrungen vorhanden, so läßt sich ein weiter optimiertes Strömungsbild in der Kokille erreichen, wenn bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen der Abströmöffnungen und des Rohrabchnitts der zwischen der Längsachse einer weiteren Abströmöffnung und der Längsachse des Rohrabchnitts eingeschlossene Abströmwinkel im Bereich von 75° bis 90° liegt.

5 [0021] Im Hinblick auf die Ausbildung gleichförmiger, störungsarmer Strömungszustände in der Kokille ist es ebenso günstig, wenn die Abströmöffnungen symmetrisch zur Längsachse des Rohrabchnitts verteilt angeordnet sind.

[0022] Praktische Versuche mit Tauchrohren, bei denen mindestens drei Paare von Abströmöffnungen vorhanden sind, haben zu hervorragenden Arbeitsergebnissen geführt. Dabei hat es sich in Bezug auf die erwünschte Verwirbelung der Schmelze in der zu diesem Zweck an dem Tauchrohr ausgebildeten Kammer als günstig erwiesen, wenn das Verhältnis
10 der jeweiligen Austrittsfläche der beiden zum Schnittpunkt der Längsachse des Rohrabchnitts mit dem Boden der Verwirbelungskammer nächstbenachbart angeordneten Abströmöffnungen zur jeweiligen Austrittsfläche der beiden zu diesen ersten Abströmöffnungen nächstbenachbart angeordneten zweiten Abströmöffnungen folgende Bedingung erfüllt:

$$15 \quad 0,5 \leq \frac{A_1}{A_2} \leq 1,0$$

wobei mit "A1" die Austrittsfläche der ersten Abströmöffnungen und mit "A2" die Austrittsfläche der zweiten Abströmöffnungen bezeichnet ist. Aus dem gleichen Grund sollte das Verhältnis der jeweiligen Austrittsfläche der zweiten Abströmöffnungen zur jeweiligen Austrittsfläche der auf ihrer vom Boden der Verwirbelungskammer abgewandten Seite angeordneten dritten Abströmöffnungen folgende Bedingung erfüllen:

$$20 \quad 0,3 \leq \frac{A_2}{A_3} \leq 1,0$$

25 wobei mit "A2" die Austrittsfläche der zweiten Abströmöffnungen und mit "A3" die Austrittsfläche der dritten Abströmöffnungen bezeichnet ist.

[0023] Die Energieverluste in der Verwirbelungskammer lassen sich dadurch steigern, daß mindestens eine der nicht mit Abströmöffnungen versehenen Innenwände der Verwirbelungskammer mit mindestens einer treppenförmig in Richtung des Innenraums der Verwirbelungskammer vorspringenden Abstufung versehen ist. Dabei sollte die Abstufung für
30 die Anzahl von n Stufen gemäß folgender Bedingung erfolgen:

$$1,02 \leq \frac{C_i}{C_{i+1}} \leq 2,0 \quad i \in [0, \dots, n-1]$$

35 wobei mit "C" die Tiefe der Verwirbelungskammer im Bereich der jeweils i-ten Abstufung und mit "i" die Ordnungsnummer der in Strömungsrichtung der Schmelze aufeinanderfolgenden Abstufungen bezeichnet ist. Die erste Abstufung "C₁" wird dabei ins Verhältnis gesetzt zur Tiefe "C₀" der Verwirbelungskammer im nicht abgestuften Bereich. Eine weitere Verbesserung der Wirksamkeit der Abstufungen läßt sich dabei dadurch erreichen, daß die Höhe der einzelnen Abstufungen für die Anzahl von n Stufen zudem folgende Bedingung erfüllt:

$$40 \quad 0,5 \leq \frac{B_j}{B_{j+1}} \leq 2,0 \quad j \in [1, \dots, n]$$

mit B: Höhe der j-ten Abstufung,

45 n: Anzahl der Stufen,

j: Ordnungsnummer der in Strömungsrichtung der Schmelze aufeinanderfolgenden Abstufungen.

[0024] Die Emulgation von Schlacketröpfchen läßt sich bei erfindungsgemäß ausgestaltetem Tauchrohr dadurch vermeiden, daß die Verwirbelungskammer unterhalb eines von dem Rohrabchnitt getragenen Schlackenbands angeordnet ist. Ein solches Schlackenband dient zum Schutz des Tauchrohrs gegen die auf der Schmelze in der Kokille schwimmende Schlacke und ist im Gießbetrieb im Bereich des Schlackenspiegels angeordnet. Durch die erfindungsgemäße Positionierung der Verwirbelungskammer unterhalb des Schlackenspiegels wird ein besonders ruhiger Schlackenspiegel erreicht und sicher verhindert, daß Schlacke in die Schmelze eingezogen, dort in feine Teile zerlegt und mit der Schmelze vermischt wird. Weiter unterstützen läßt sich die ruhige Ausprägung des Schlackenspiegels dadurch, daß folgende Bedingung erfüllt ist:

$$55 \quad 0,2 \leq \frac{G}{G+D} \leq 0,5$$

wobei mit "G" der achsparallel zur Längsachse des Rohrabchnitts gemessene Abstand des oberen Randes der dem Ende des Rohrabchnitts nächstbenachbarten Abströmöffnung zum unteren Ende des Schlackenbands und mit "D" der achsparallel zur Längsachse des Rohrabchnitts gemessene Abstand des oberen Randes der dem Ende des Rohrabchnitts nächstbenachbarten Abströmöffnung zum Boden der Verwirbelungskammer bezeichnet ist.

[0025] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen schematisch:

65 [0026] Fig. 1 ein in eine Kokille eintauchendes Tauchrohr im Längsschnitt,

[0027] Fig. 2 das Tauchrohr gemäß Fig. 1 in einem Schnitt entlang der in Fig. 1 eingezeichneten Linie X-X,

[0028] Fig. 3 eine zur in Fig. 2 gezeigten Variante alternative Ausgestaltung des Tauchrohres gemäß Fig. 1 in einem Schnitt entlang der in Fig. 1 eingezeichneten Linie X-X,

DE 101 15 020 A1

[0029] Fig. 4 eine Verwirbelungskammer des Tauchrohrs im Längsschnitt.

[0030] Das Tauchrohr 1 ist mit seiner Einfüllöffnung 2 an ein im einzelnen nicht dargestelltes Zwischengefäß 3 angeschlossen, in welches eine Stahlschmelze S eingefüllt ist. Über einen in die Einfüllöffnung 2 senkbaren und aus ihr heraushebbaren Stopfen 4 wird der Zufluß von Stahlschmelze 5 in das Tauchrohr 1 reguliert. Zusätzlich wird durch den Stopfen 4 ein Argon-Gasstrom AG in das Tauchrohr 1 geblasen, um den Fluß der Stahlschmelze S durch das Tauchrohr 1 zu unterstützen.

[0031] Das Tauchrohr 1 weist einen Rohrabschnitt 5 auf, der von der am Zwischengefäß 3 angeordneten Einfüllöffnung 2 bis in eine im einzelnen ebenfalls nicht dargestellte Kokille 6 reicht. An seinem unteren, der Kokille 6 zugeordneten Ende ist in die Außenfläche des Rohrabschnitts 5 ein umlaufendes Schlackenband 7 aus feuerfestem Material eingearbeitet, welches das Tauchrohr 1 gegen die in diesem Bereich auf das Tauchrohr 1 treffende, auf der in der Kokille 6 gefüllten Stahlschmelze S schwimmende Schlacke schützt. Der Schlackenspiegel 8 ist dabei etwa auf Höhe der Hälfte der Höhe des Schlackenbandes 7 positioniert. Der Rohrabschnitt 5 kann eine kreisförmige, ovale oder rechteckige Querschnittsform aufweisen.

[0032] An das untere Ende des Rohrabschnitts 5 ist eine im vollständig symmetrisch zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 ausgebildete Verwirbelungskammer 9 angeschlossen, die sich ausgehend von der Mündung 10 des Rohrabschnitts 5 in Richtung ihrer Breite B trichterförmig erweitert, indem ihre Seitenwände 11, 12 schräg nach außen gerichtet sind. Der zwischen der Innenseite der Seitenwände 11, 12 und einer gedachten Verlängerung der angrenzenden Innenseite des Rohrabschnitts 5 eingeschlossene Winkel α beträgt dabei ca. 30° . Er erfüllt damit die Bedingung $\alpha > 150/(Re^{1/4})$ für eine Reynoldszahl Re, die in bekannter Weise für die mit einer vorgegebenen Strömungsgeschwindigkeit in dem Tauchrohr strömende Stahlschmelze S bestimmt worden ist. Der Übergang zwischen dem Rohrabschnitt 5 und dem sich trichterförmig erweiternden Bereich der Verwirbelungskammer 9 ist auf diese Weise so ausgebildet, daß dieser Übergangsbereich eine Abrißkante bildet, an der sich die Stahlschmelze S von der Innenwand des Tauchrohrs 1 löst.

[0033] Die zwischen den Außenseiten ihrer Stirnwände 13, 14 gemessene Tiefe Ta der Verwirbelungskammer 9 ist bei beiden in den Figuren gezeigten Ausführungsformen des Tauchrohrs 1 über die gesamte Höhe Hg der Verwirbelungskammer 9 konstant.

[0034] Gegenüberliegend zur Mündung 10 des Rohrabschnitts 5 ist der im wesentlichen eben verlaufende Boden 15 der Verwirbelungskammer 9 angeordnet. In den Boden 15 sind zwei symmetrisch zur Längsachse L angeordnete Abströmöffnungen 16a, 16b eingeformt. Ihre Längsachsen L_{16a} und L_{16b} schneiden in der Verwirbelungskammer 9 die Längsachse L des Rohrabschnitts 5 in einem Schnittpunkt S₁₆ derart, daß bei in die Zeichenebene projizierten Längsachsen L, L_{16a}, L_{16b} der zwischen der Längsachse L des Rohrabschnitts 5 und der Längsachse L_{16a} der Abströmöffnung 16a bzw. zwischen der Längsachse L des Rohrabschnitts 5 und der Längsachse L_{16b} der Abströmöffnung 16a eingeschlossene Winkel W1 jeweils 30° beträgt. Der Schnittpunkt S₁₆ weist von der Außenseite des Bodens 15 einen Abstand E auf.

[0035] Im Bereich der Übergänge vom Boden 15 in die schräg verlaufenden Seitenwände 11, 12 ist ebenfalls jeweils eine Abströmöffnung 17a, 17b eingeformt, die ebenso symmetrisch zur Längsachse L angeordnet sind. Auch ihre Längsachsen L_{17a} und L_{17b} schneiden in der Verwirbelungskammer 9 die Längsachse L des Rohrabschnitts 5 in einem Schnittpunkt S₁₇, derart, daß bei in die Zeichenebene projizierten Längsachsen L, L_{17a}, L_{17b} der zwischen der Längsachse L des Rohrabschnitts 5 und der Längsachse L_{17a} der Abströmöffnung 17b bzw. zwischen der Längsachse L des Rohrabschnitts 5 und der Längsachse L_{17b} der Abströmöffnung 17a eingeschlossene Winkel W2 jeweils 60° beträgt. Der Schnittpunkt S₁₇ weist von der Außenseite des Bodens 15 einen Abstand F auf. Das Verhältnis E/F des Abstands E zum Abstand F beträgt etwa 1,4.

[0036] Schließlich ist in die schräg nach außen verlaufenden Seitenwände 11, 12 der Verwirbelungskammer jeweils eine obere Abströmöffnung 18a, 18b eingeformt. Die Längsachsen L_{18a} und L_{18b} der Abströmöffnung 18a, 18b sind im wesentlichen rechtwinklig zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 angeordnet. Der obere Rand der Abströmöffnungen 18a, 18b weist zur Innenseite des Bodens 15 einen achsparallel zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 gemessenen Abstand D und zum unteren Rand des Schlackenbandes 7 einen ebenso achsparallel zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 gemessenen Abstand G auf. Dementsprechend ist der Boden 15 in einem der Summe der Abstände D und G entsprechenden Abstand vom unteren Rand des Schlackenbandes 7 positioniert. Das Verhältnis G/(G + D) beträgt etwa 0,38.

[0037] Die Abströmöffnungen 16a, 16b; 17a, 17b; 18a, 18b weisen jeweils eine im wesentlichen rechteckige, in den Eckbereichen abgerundete Querschnittsform auf. Das Verhältnis A1/A2 der jeweiligen Austrittsfläche A1 der Abströmöffnungen 16a, 16b zur Austrittsfläche A2 der nächstbenachbarten Abströmöffnungen 17a, 17b liegt dabei im Bereich von 0,5 bis 1,0, während das Verhältnis A2/A3 der jeweiligen Austrittsfläche A2 der Abströmöffnungen 17a, 17b zur Austrittsfläche A3 der zuoberst angeordneten Abströmöffnungen 18a, 18b dabei im Bereich von 0,3 bis 1,0 liegt.

[0038] Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausgestaltung des Tauchrohrs 1 verlaufen die Innenseiten der Stirnwände 13, 14 im wesentlichen parallel zueinander, so daß die Verwirbelungskammer 9 bei dieser Ausgestaltung eine im wesentlichen konstante Tiefe T besitzt.

[0039] Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführung des Tauchrohrs 1 sind dagegen an den Innenseiten der Stirnwände 13, 14 symmetrisch zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 angeordnete Abstufungen 19a, 19b; 20a, 20b; 21a, 21b ausgeformt. Das Verhältnis C₀/C₁ der Tiefe C₀ im nicht abgestuften Bereich des Innenraums der Verwirbelungskammer zur Tiefe C₁ im Bereich der in Strömungsrichtung SR der Stahlschmelze S ersten Abstufung 19a, 19b, das Verhältnis C₁/C₂ der Tiefe C₁ im Bereich der ersten Abstufung zur Tiefe C₂ im Bereich der in Strömungsrichtung SR der Stahlschmelze S nächstfolgenden zweiten Abstufung 20a, 20b und das Verhältnis C₂/C₃ der Tiefe C₂ im Bereich der zweiten Abstufung zur Tiefe C₃ im Bereich der in Strömungsrichtung SR der Stahlschmelze S nächstfolgenden dritten Abstufung 21a, 21b liegt dabei genauso jeweils zwischen 1,02 und 2,0, während das Verhältnis B₁/B₂ der Höhe B₁ der ersten Abstufung 19a, 19b zur Höhe B₂ der zweiten Abstufung 20a, 20b und das Verhältnis B₂/B₃ der Höhe B₂ der zweiten Abstufung 20a, 20b zur Höhe B₃ der dritten Abstufung 21a, 21b im Bereich von 0,5 bis 2,0 liegen.

[0040] Beim Anfahren des Gießvorgangs fließt aus dem Zwischengefäß 3 über die Einfüllöffnung 2 Stahlschmelze S unter Vermischung mit dem durch den Stopfen 4 eingeblasenen Argon durch den Rohrabschnitt 5. An der im Bereich des Übergangs vom Rohrabschnitt 5 in die Verwirbelungskammer 9 ausgebildeten Abrißkante löst sich der Strom der Stahl-

schmelze S von der Innenseite des Rohrabschnitts 5 ab und wird vom Boden 15 der Verwirbelungskammer 9 zurückgeleitet, so daß sich in den beiden Hälften der Verwirbelungskammer 9 zwei im wesentlichen symmetrisch zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 verlaufende Wirbel V1, V2 ausbilden. Durch diese Wirbel V1, V2 wird der Strom der Stahlschmelze S soweit abgebremst, daß der Schmelzenspiegel 22 im Tauchrohr 1 auf eine über dem oberen Rand des Schlackenbandes 7 und damit weit oberhalb des Schlackenspiegels 8 liegende Höhe ansteigt. Im weiteren Gießprozeß strömen die aus dem Strom der Stahlschmelze S gebildeten sechs Teilströme S1a, S1b; S2a, S2b; S3a, S3b aus den Abströmöffnungen 16a, 16b; 17a, 17b; 18a, 18b aus, wobei ihre Abströmrichtung der Ausrichtung der jeweiligen Längsachse L_{16a}, L_{16b}; L_{17a}, L_{17b}; L_{18a}, L_{18b} entspricht. Der aus der laufend in das Tauchrohr 1 nachströmenden Stahlschmelze S gebildete Strom reißt weiterhin im Bereich des Übergangs zwischen dem Rohrabschnitt 5 und der Verwirbelungskammer 9 von der Innenwand ab, so daß die Wirbel V1, V2 im wesentlich konstant vorhanden bleiben und die Strömungsenergie der Schmelze S weiterhin dissipieren. Zusätzlich unterstützt wird die Abbremsung der Schmelze S beim in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel durch die zusätzlichen Verwirbelungen, die durch die Abstufungen 19a, 19b; 20a, 20b; 21a, 21b erzwungen werden.

BEZUGSZEICHEN

- 1 Tauchrohr
- 2 Einfüllöffnung
- 3 Zwischengefäß
- 4 Stopfen
- 5 Rohrabschnitt
- 6 Kokille
- 7 Schlackenband
- 8 Schlackenspiegel
- 9 Verwirbelungskammer
- 10 Mündung
- 11, 12 Seitenwände
- 13, 14 Stirnwände
- 15 Boden
- 16a, 16b Abströmöffnungen
- 17a, 17b Abströmöffnungen
- 18a, 18b Abströmöffnungen
- 19a, 19b erste Abstufungen
- 20a, 20b zweite Abstufungen
- 21a, 21b dritte Abstufungen
- 22 Schmelzenspiegel
- α Winkel zwischen der Innenseite der Seitenwände 11, 12 und einer gedachten Verlängerung der angrenzenden Innenseite des Rohrabschnitts 5
- A1 Austrittsfläche der Abströmöffnungen 16a, 16b
- A2 Austrittsfläche der Abströmöffnungen 17a, 17b
- A3 Austrittsfläche der Abströmöffnungen 18a, 18b
- AG Argon-Gasstrom
- B Breite der Verwirbelungskammer
- B1 Höhe der ersten Abstufung 19a, 19b
- B2 Höhe der zweiten Abstufung 20a, 20b
- B3 Höhe der dritten Abstufung 21a, 21b
- C₀ Tiefe im nicht abgestuften Bereich des Innenraums der Verwirbelungskammer 9
- C₁ Tiefe im Bereich der ersten Abstufung 19a, 19b
- C₂ Tiefe im Bereich der zweiten Abstufung 20a, 20b
- C₃ Tiefe im Bereich der dritten Abstufung 21a, 21b
- D achsparallel zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 gemessener Abstand des oberen Rands der Abströmöffnungen 18a, 18b zur Innenseite des Bodens 15
- E Abstand des Schnittpunkts S₁₆ von der Außenseite des Bodens 15
- F Abstand des Schnittpunkts S₁₆ von der Außenseite des Bodens 15
- G achsparallel zur Längsachse L des Rohrabschnitts 5 gemessener Abstand des oberen Rands der Abströmöffnungen 18a, 18b zum unteren Rand des Schlackenbandes 7
- Hg Höhe der Verwirbelungskammer 9
- L Längsachse des Rohrabschnitts 5
- L_{16a}, L_{16b} Längsachsen der Abströmöffnungen 16a, 16b
- L_{17a}, L_{17b} Längsachsen der Abströmöffnungen 17a, 17b
- L_{18a}, L_{18b} Längsachsen der Abströmöffnungen 18a, 18b
- S Stahlschmelze
- S1a, S1b aus der Stahlschmelze S gebildete Teilströme
- S2a, S2b aus der Stahlschmelze S gebildete Teilströme
- S3a, S3b aus der Stahlschmelze S gebildete Teilströme
- S₁₆ Schnittpunkt
- S₁₇ Schnittpunkt
- SR Strömungsrichtung der Stahlschmelze S

T Tiefe des Innenraums der Verwirbelungskammer

Ta zwischen den Außenseiten der Stimmwände 13, 14 gemessene Tiefe der Verwirbelungskammer 9

V1, V2 Wirbel

W1 Winkel zwischen der Längsachse L des Rohrabschnitts 5 und der Längsachse L_{16a} der Abströmöffnung 16a

W2 Winkel zwischen der Längsachse L des Rohrabschnitts 5 und der Längsachse L_{17b} der Abströmöffnung 16a

5

Patentansprüche

1. Tauchrohr für das Vergießen von flüssiger Metallschmelze, insbesondere von Stahlschmelze (S), in einer Kokille (6)

10

mit einem eine Einfüllöffnung (2) für die Metallschmelze aufweisenden Rohrabschnitt (5) und mit einer eine Abströmöffnung (16a – 18b) für die Schmelze aufweisenden Verwirbelungskammer (9), die an das der Kokille (6) zugeordnete Ende des Rohrabschnitts (5) angeschlossen ist und sich ausgehend von dem Rohrabschnitt (5) über ihre Höhe (Hg) mindestens in ihrer Breite (B) trichterförmig aufweitet, wobei am Übergang vom Rohrabschnitt (5) zur Verwirbelungskammer (9) eine Abrißkante ausgebildet ist, an der es bei im Tauchrohr (1) strömender Schmelze (S) zur Ablösung des Schmelzestroms von den an die Abrißkante grenzenden Innenwänden des Tauchrohrs (1) kommt.

15

2. Tauchrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der an der Abrißkante zwischen der gedachten Verlängerung der Innenwand des Rohrabschnitts (5) und der Innenwand der Verwirbelungskammer (9) eingeschlossene Winkel (α) die Bedingung

20

$$\alpha > \frac{150}{\sqrt[4]{Re}}$$

mit α : zwischen der gedachten Verlängerung der Innenwand des Rohrabschnitts und der Innenwand der Verwirbelungskammer eingeschlossener Winkel,

25

Re: Reynoldszahl, ermittelt aus einer Strömungsgeschwindigkeit bei gefülltem Tauchrohrquerschnitt, erfüllt.

3. Tauchrohr nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verwirbelungskammer (9) symmetrisch zur Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) ausgebildet ist.

30

4. Tauchrohr nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Verwirbelungskammer (9) sowohl in ihrer Breite (B) als auch in ihrer Tiefe (T) trichterförmig aufweitet.

5. Tauchrohr nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verwirbelungskammer (9) einen im wesentlichen normal zur Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) ausgerichteten Boden (15) aufweist.

6. Tauchrohr nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Abströmöffnungen (16a–18b) paarweise in diejenigen schräg nach außen verlaufenden Seitenwände (11, 12) der Verwirbelungskammer (9) eingeformt sind, welche die Breite (B) der Verwirbelungskammer (9) begrenzen.

35

7. Tauchrohr nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Abströmöffnung (16a, 16b) in den Boden (15) der Verwirbelungskammer (9) eingeformt ist.

8. Tauchrohr nach einem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen (L, L_{16a}–L_{18b}) der Abströmöffnungen (16a–18b) und des Rohrabschnitts (5) der zwischen der Längsachse (L_{16a}, L_{16b}) einer ersten Abströmöffnung (16a, 16b) und der Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) eingeschlossene Abströmwinkel (W1) im Bereich von 0° bis 40° liegt.

40

9. Tauchrohr nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen (L, L_{16a}–L_{16b}) der Abströmöffnungen (16a–18b) und des Rohrabschnitts (5) der zwischen der Längsachse (L_{17a}, L_{17b}) einer anderen Abströmöffnung (17a, 17b) und der Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) eingeschlossene Abströmwinkel (W2) im Bereich von 20° bis 60° liegt.

45

10. Tauchrohr nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen (L, L_{16a}–L_{16b}) der Abströmöffnungen (16a–18b) und des Rohrabschnitts (5) der zwischen der Längsachse (L_{18a}–L_{18b}) einer weiteren Abströmöffnung (18a, 18b) und der Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) eingeschlossene Abströmwinkel im Bereich von 75° bis 90° liegt.

50

11. Tauchrohr nach den Ansprüchen 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei in eine gemeinsame Ebene projizierten Längsachsen (L, L_{16a}–L_{16b}) der Abströmöffnungen (16a–18b) und des Rohrabschnitts (5) folgende Bedingung erfüllt ist:

55

$$0,8 \leq \frac{E}{F} \leq 1,5$$

mit E: Abstand des Schnittpunktes (S₁₆) der Längsachse (L_{16a}, L_{16b}) der ersten Abströmöffnung (16a, 16b) mit der Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) zu dem Punkt, an dem die Längsachse (L) den Boden (15) der Verwirbelungskammer (9) durchstößt,

60

F: Abstand des Schnittpunktes (S₁₇) der Längsachse (L_{17a}, L_{17b}) der anderen Abströmöffnung (17a, 17b) mit der Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) zu dem Punkt, an dem die Längsachse (L) den Boden (15) der Verwirbelungskammer (9) durchstößt.

12. Tauchrohr nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Abströmöffnungen (16a–18b) symmetrisch zur Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) verteilt angeordnet sind.

65

13. Tauchrohr nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens drei Paare von Abströmöffnungen (16a–18b) vorhanden sind.

14. Tauchrohr nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der jeweiligen Austrittsfläche (A1) der beiden zum Schnittpunkt der Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) mit dem Boden (15) der Verwirbelungskammer (9) nächstbenachbart angeordneten Abströmöffnungen (16a, 16b) zur jeweiligen Austrittsfläche (A2) der beiden zu diesen ersten Abströmöffnungen (16a, 16b) nächstbenachbart angeordneten zweiten Abströmöffnungen (17a, 17b) folgende Bedingung erfüllt:

$$0,5 \leq \frac{A1}{A2} \leq 1,0$$

mit A1: Austrittsfläche der ersten Abströmöffnungen (16a, 16b),
A2: Austrittsfläche der zweiten Abströmöffnungen (17a, 17b).

15. Tauchrohr nach Anspruch 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis der jeweiligen Austrittsfläche (A2) der zweiten Abströmöffnungen (17a, 17b) zur jeweiligen Austrittsfläche (A3) der auf ihrer vom Boden (15) der Verwirbelungskammer (9) abgewandten Seite angeordneten dritten Abströmöffnungen (18a, 18b) folgende Bedingung erfüllt:

$$0,3 \leq \frac{A2}{A3} \leq 1,0$$

mit A2: Austrittsfläche der zweiten Abströmöffnungen (17a, 17b),
A3: Austrittsfläche der dritten Abströmöffnungen (18a, 18b).

16. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der nicht mit Abströmöffnungen versehenen Wände (13, 14) der Verwirbelungskammer (9) auf ihrer Innenseite mit mindestens einer treppenförmig in Richtung des Innenraums der Verwirbelungskammer (9) vorspringenden Abstufung (19a-21b) versehen ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Bedingung erfüllt ist:

$$1,02 \leq \frac{C_i}{C_{i+1}} \leq 2,0 \quad i \in [0, \dots, n - 1]$$

mit C: Tiefe der Verwirbelungskammer (9) im Bereich der i-ten Abstufung,
i: Ordnungsnummer der in Strömungsrichtung (SR) der Schmelze (S) aufeinanderfolgenden Abstufungen (19a-21b), wobei mit C₀, die Tiefe der Verwirbelungskammer (9) im nicht abgestuften Bereich bezeichnet ist,
n: Anzahl der Abstufungen (19a-21b).

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Bedingung erfüllt ist:

$$0,5 \leq \frac{B_j}{B_{j+1}} \leq 2,0 \quad j \in [1, \dots, n]$$

mit B: Höhe der j-ten Abstufung,
j: Ordnungsnummer der in Strömungsrichtung der Schmelze aufeinanderfolgenden Abstufungen (19a-21b),
n: Anzahl der Abstufungen (19a-21b).

19. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verwirbelungskammer (9) unterhalb eines von dem Rohrabschnitt (5) getragenen Schlackenbands (7) angeordnet ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Bedingung erfüllt ist:

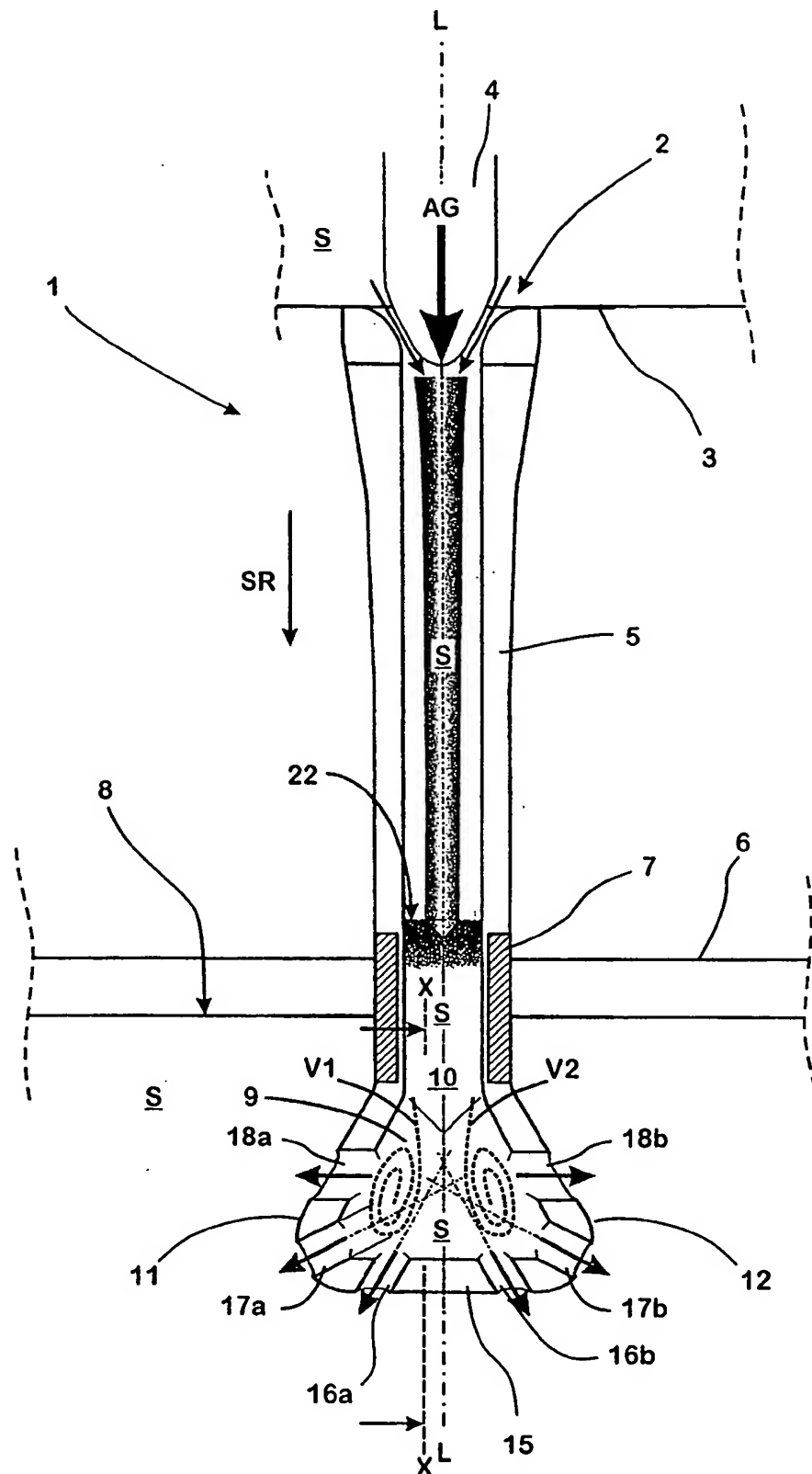
$$0,2 \leq \frac{G}{G + D} \leq 0,5$$

mit G: achsparallel zur Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) gemessener Abstand des oberen Randes der dem Ende des Rohrabschnitts (5) nächstbenachbarten Abströmöffnung (18a, 18b) zum unteren Ende des Schlackenbands (7),

D: achsparallel zur Längsachse (L) des Rohrabschnitts (5) gemessener Abstand des oberen Randes der dem Ende des Rohrabschnitts (5) nächstbenachbarten Abströmöffnung (18a, 18b) zum Boden (15) der Verwirbelungskammer (9).

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



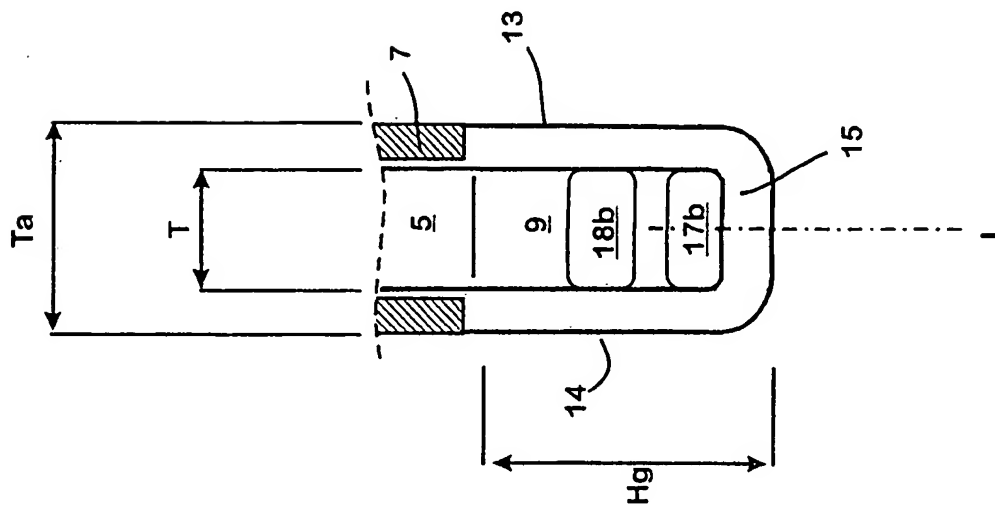


Fig. 2

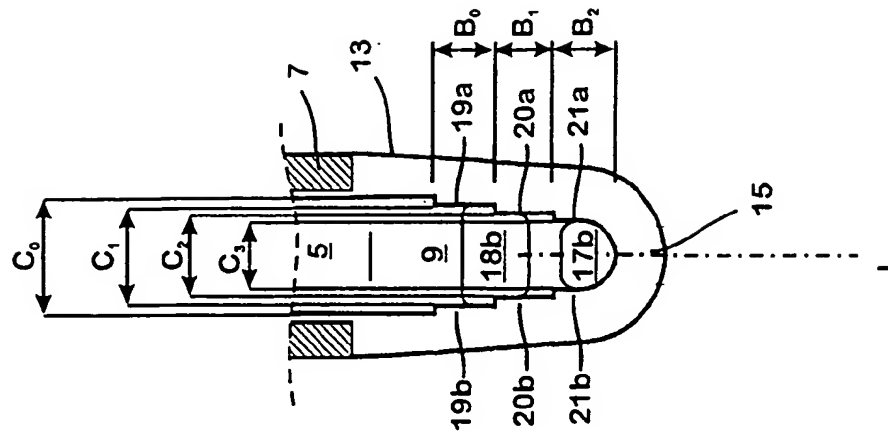
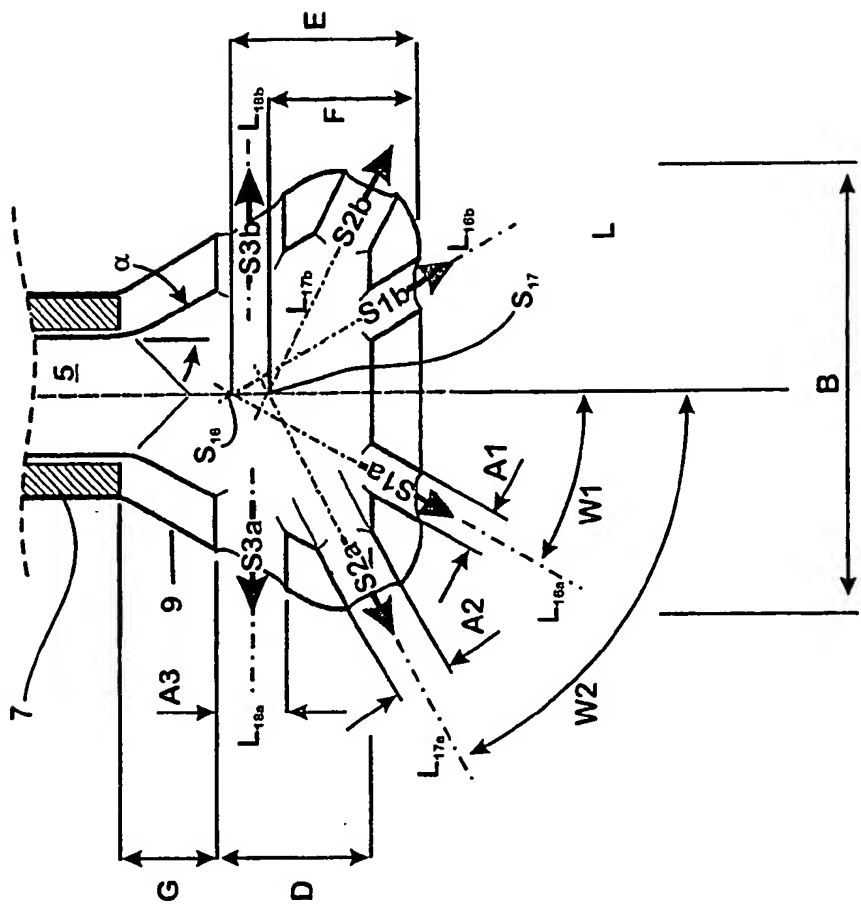


Fig. 3

Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.